



Рисунок 2 – Плотности (а) и функции (б) распределения Джонсона типа S_U для уровней перенапряжений K_U

Рассчитаем значение, ниже которого наблюдается величина кратностей перенапряжений K_U с вероятностью 0,95.

Квантили u_α^x эмпирического семейства S_U выражаются через квантили u_α стандартного нормального распределения с помощью формулы [1]:

$$u_\alpha^x = \varepsilon + \lambda \cdot sh\left(\frac{u_\alpha - \gamma}{\eta}\right).$$

Для того, чтобы найти значение K_U^* , для которого $\alpha = P(K_U \leq K_U^*) = 0,95$, учитывая, что $u_\alpha = u_{0,95} = 1,645$, и полагая по определению $x^* = u_\alpha^x = u_{0,95}^x$, находим:

$$u_{0,95}^x = 1,809 + 0,271 \cdot sh\left(\frac{1,645 + 0,7503}{2,396}\right) = 2,13.$$

Следовательно, $K_U \leq 2,13$ с вероятностью $\alpha = 0,95$.

Выводы

1 Полученные результаты по уровням перенапряжений $K_U \leq 2,2$ и с вероятностью 0,95 $K_U \leq 2,13$ для кабельной сети с бумажно-пропитанной изоляцией могут быть распространены на широкий класс распределительных городских сетей подземного исполнения, эксплуатируемых более 20 – 25 лет.

2 Для аппроксимации эмпирических распределений параметров электромагнитного процесса, не удовлетворяющих «простым» законам распределения, в рамках методологии статистического анализа предлагается применять кривые распределения Джонсона, получающиеся с помощью преобразований нормального распределения.

3 Подтверждено, что большой объем выборок для параметров дугового замыкания в кабельной изоляции ($n \geq 100$) не гарантирует соответствия случайных величин нормальному закону распределения. Проверка выборок может быть выполнена с использованием мощных критериев Д'Агостино, Саркади-Косика и Колмогорова-Смирнова.

Список использованных источников

- 1 Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных сотрудников / А. И. Кобзарь. – М. : Физматлит, 2006. – 816 с.
- 2 A. Shirkovets, A. Telegin, V. Senchenko, V. Kirichenko. High-Frequency Recording System for Transient Processes in 6-110 kV Electrical Networks // Electric Power Quality and Supply Reliability : Proceedings of PQ2014 9th International Conference, Rakvere, Estonia, June 11-13, 2014. – Tallinn : Tallinn University of Technology, 2014. – P. 69–73.
- 3 Телегин, А. В. Исследование переходных процессов при аварийных событиях в городской электрической сети с использованием высокочастотной системы регистрации / А. В. Телегин, А. И. Ширковец, В. А. Сенченко, В. С. Кириченко, Ю. М. Денчик // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2014. – № 4. – С. 369–374.

Г. В. Малков, Р. М. Мухутдинов, В. В. Гоман, С. А. Федорев

АВТОНОМНЫЙ БЕСПРОВОДНОЙ ДАТЧИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Аннотация. Представлены тезисы доклада, посвященного разработке автономного беспроводного датчика электрического тока. Компактность и автономность данного датчика, в отличие от известных решений, обеспечивает легкость его применения. Детализированные данные об электропотреблении объекта, собранные с разрабатываемых датчиков позволяют принимать обоснованные решения по энергосбережению.

В настоящее время не вызывает сомнений необходимость энергосбережения в зданиях и в промышленном производстве (ввиду роста тарифов и большой доли энергоресурсов в себестоимости продукции и услуг). При этом затраты на электроэнергию составляют значительную долю в общих затратах организаций на энергоресурсы.

Для достоверного определения потенциала экономии электроэнергии необходимы системы детализированного учета потребления электрической энергии, т.к. выбор и реализация мероприятий по экономии электроэнергии основываются на анализе структуры ее потребления, в том числе на уровне отдельных потребителей. Данных по общему потреблению электроэнергии здания или предприятия, как правило, недостаточно для определения потенциала энергосбережения.

Однако стоимость внедрения систем мониторинга и учета потребления электроэнергии должна быть экономически оправданной. Существующие решения (электросчетчики, регистраторы параметров электрической энергии, энерготестеры) требуют проведения электромонтажных работ при установке, имеют большие габариты, высокую стоимость, далеко не всегда имеют возможность беспроводной автоматической передачи данных в информационную систему. Все это не позволяет использовать классические решения для детализированного учета электроэнергии на уровне потребителей, т.к. стоимость внедрения систем учета во многих случаях превышает ожидаемую экономию.

В связи с изложенным выше актуальна разработка легковстраиваемых дешевых бесконтактных датчиков тока с малыми габаритными размерами и беспроводной передачей данных, которые возможно будет установить в любом электрическом щитке либо на проводниках, питающих отдельный электропотребитель.

Таким образом, была сформулирована цель проекта – разработать дешевый легковстраиваемый автономный беспроводной датчик тока, передающий данные об электропотреблении на уровне отдельных электроустановок в информационную систему для дальнейшего анализа, определения потенциала энергосбережения и снижения затрат. Предполагаемая структура системы измерения показана на рисунке.



Структура системы измерения

Прототип датчика будет состоять из чувствительного элемента с размыкаемым магнитопроводом, печатной платы, на которой размещены микроконтроллер, цепь согласования входного сигнала, кварцевый генератор, микросхема передатчика ZigBee (стандарт IEEE 802.15.4) или WiFi (стандарт IEEE 802.11), блок управления зарядом аккумулятора. Печатная плата размещена в едином компактном корпусе с чувствительным элементом. Значительное повышение срока автономной работы датчика будет достигаться с помощью подзаряда аккумулятора от измерительной цепи.

Предполагаемые основные потребители: организации, владеющие офисными зданиями, торговыми центрами, магазинами, промышленные предприятия, предприятия общественного питания, организации с массовым пребыванием людей (учреждения образования, культуры, спорта). Рассмотрим данные категории потенциальных потребителей подробнее:

1. Офисные здания и торговые центры. Как правило, отдельные помещения у данной категории потенциальных заказчиков сдаются в аренду. Возникает проблема распределения оплаты за электроэнергию между арендаторами. Расчетный метод далеко не всегда дает точный результат. Применение разрабатываемых датчиков позволит получать данные о реальном энергопотреблении в конкретном арендуемом помещении и пропорционально распределять затраты на арендаторов. Также возможно осуществлять проверку отсутствия электропотребления в нерабочие часы.
2. Промышленное производство. В настоящее время в промышленности широко внедряются системы АСКУЭ (АИИСКУЭ). Однако в таких системах приборы учета электроэнергии устанавливаются лишь в основных узлах (точках) потребления. Поэтому данные об электропотреблении являются укрупненными

(недетализированными). Применение разрабатываемых датчиков позволит получать данные по электропотреблению на уровне отдельных электроприемников, что позволит выявить потенциал энергосбережения, а также выявлять нештатные ситуации и опасные режимы работы производственного оборудования.

3. Ритейл (магазины, супермаркеты), предприятия общественного питания (столовые, кафе, рестораны). Применение разрабатываемых датчиков позволит получать данные по электропотреблению на уровне отдельных электроприемников, что позволит выявить потенциал энергосбережения, а также выявлять нештатные ситуации и опасные режимы работы холодильного оборудования.
4. Здания с массовым пребыванием людей (образовательные учреждения, спортивные учреждения, гостиницы, учреждения культуры). Как правило, в таких учреждениях помещения используются по определенному графику (расписанию занятий или графику проведения мероприятий). Применение разрабатываемых датчиков позволит выявить потенциал энергосбережения, в том числе, за счет проверки отсутствия электропотребления в периоды, когда конкретное помещение не используется, либо в нерабочее для данной организации время.

Таким образом, применение разрабатываемых датчиков тока в системах электроснабжения зданий и промышленных предприятий позволит получать детализированные данные об электропотреблении на уровне отдельных потребителей. Обработка и анализ полученных данных в информационной системе позволит выявить потенциал энергосбережения, планировать необходимые мероприятия, а также определить эффективность уже проведенных энергосберегающих мероприятий.